



HETERO JUNCTION SEMICONDUCTOR DEVICE

Patent number: JP53020882
Publication date: 1978-02-25
Inventor: JIEEMUSU ARUDEN BANBEKUTEN; JIERII
MAKUFUAASUN UTSUDOOORU
Applicant: IBM
Classification:
- **international:** H01L21/205; H01L21/265; H01L31/00; H01L33/00;
H01S3/18
- **european:**
Application number: JP19770085737 19770719
Priority number(s): US19760713163 19760810

Also published as:

 GB1585827 (A)
 DE2734203 (A1)

Abstract not available for JP53020882

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

公開特許公報

昭53—20882

⑤Int. Cl. ²	識別記号	⑥日本分類	庁内整理番号	④公開	昭和53年(1978)2月25日
H 01 L 33/00		99(5) J 4	7377—57		
H 01 L 31/00		99(5) J 42	6655—57	発明の数	1
H 01 S 3/18 //		99(5) B 15	7739—57	審査請求	未請求
H 01 L 21/205		99(5) B 1	6684—57		
H 01 L 21/265					

(全 6 頁)

④ヘテロ接合半導体装置

②特 願 昭52—85737

②出 願 昭52(1977)7月19日

優先権主張 ③1976年8月10日③アメリカ国
①713163⑦発 明 者 ジェームス・アルデン・バンベ
クテン
アメリカ合衆国ニュー・ジャ
ー州バスキング・リッジ・ア
ール・エフ・デー・ナンバ
ー1ボックス343ビー番地⑦発 明 者 ジェリー・マクファースン・ウ
ッドオールアメリカ合衆国ニューヨーク州
マウント・キスコ・パーク・
ストリート25—505番地①出 願 人 インターナショナル・ビジネス
・マシーンズ・コーポレーショ
ンアメリカ合衆国10504ニューヨ
ーク州アーモンク(番地なし)

⑦復代理人 弁理士 徳田信彌

明 細 書

1. 発明の名称 ヘテロ接合半導体装置

2. 特許請求の範囲

1 半導体材料の第1領域とP導電型に変換され
た自己補償されている化合物半導体材料の第2領
域とを含むヘテロ接合半導体装置。

3. 発明の詳細な説明

本発明はヘテロ接合半導体装置に係る。

ヘテロ接合半導体装置は異なる半導体材料の領
域が同一の装置中に存在している半導体装置であ
る。通常、それらの異なる半導体材料の領域は相
互に反対の導電型を有しそしてそれらの界面に於
てPN接合を形成している。その様な構造体から、
種々の有用な利点が得られる。それらの利点は、
材料の特性、寸法の精度及び処理に於ける融通性
が増すことによつて得られる。当技術分野に於て
知られているその様な装置の1例として、二重の
ヘテロ接合半導体装置を用いた注入レーザは相互
に関連している材料、構造、及び処理に於ける利

点を有している。この二重のヘテロ接合半導体装
置を用いた注入レーザに於ては、1つの半導体材
料から成る中央領域及び他の半導体材料から成る
2つの領域が各界面に於て電界を生じ、その電界
は注入されたキャリアを所望の領域に閉じ込める
様に働く。又、異なる材料を用いることにより融
通性が増すことによつて、光をキャビティ領域に
閉じ込める様な屈折率をそれらの界面に於て有す
る材料を選択することが可能である。当技術分野
に於て、ヘテロ接合半導体装置を用いている多く
の種類の装置が開発されているが、従来の1つの
大きな問題点は極めて有用な特性を有している種
類の多い化合物半導体材料が自己補償現象を示し、
その結果それらの導電型が常に1つの型、通常は
N型、になつてしまうことである。

本出願人による他の出願に於て、自己補償され
ている化合物半導体材料をP導電型にし得ることが
記載されている。その結果、広範囲の物理的特
性を有する全種類の化合物半導体材料を装置に使
用することが可能になつた。

ヘテロ接合半導体装置は或る半導体材料の領域上に自己補償されている化合物半導体材料の領域を形成し、そして装置の条件により必要に応じて該化合物半導体材料の領域をP導電型に変換することによつて形成される。本発明に従つて、種々の装置構造体のために2つ又はそれ以上の隣接する領域を有しているヘテロ接合半導体装置が製造され得る。

本発明の目的は、自己補償されている化合物半導体材料から成る1つの領域を有する、半導体装置の製造に於て有用なヘテロ接合半導体装置を提供することである。

次に、本発明について詳細に説明する。化合物半導体材料に於ける自己補償現象はその導電型を常に1つの型、通常はN型、にする結果となり、従来に於てこの様な現象を示す材料は装置への使用が極めて限定されていた。この様な現象及びそれを克服する方法は前述の本出願人による他の出願に於て詳細に記載されているが、以下に概略的に説明する。

(3)

テロ接合半導体装置1が示されている。装置として用いられるために、電極5及び6が各々領域2及び3に設けられている。

自己補償されている化合物半導体材料の領域3はN導電型及びP導電型のいずれをも与えることは領域2の導電型及び抵抗率により大きな融通性を与える。

本発明によるヘテロ接合半導体装置の1例として、領域2は窒化ガリウム(GaN)から成り、そして領域3は窒化アルミニウム(AlN)から成り得る。P導電型への変換は荷電粒子で照射することによつて達成される。これらの粒子は電子、陽子又はイオンであり得る。これは導電型を変換するために用いられる通常のイオン注入と対比され、通常のイオン注入の場合には注入された不純物の濃度が存在している不純物の濃度を克服する。これは多量の結晶の損傷を伴い、ドーピング・レベルの効果を生じるためにはそれらの損傷がアニーリングによつて除去されねばならない。イオン注入技術は幅の広い接合を生じる。

(5)

化合物半導体材料に於ける自己補償現象は、材料の1つの元素が所望の導電型を有する任意の濃度の不純物を補償するに十分な格子欠陥、通常は空格子欠点、を発生した場合に生じる。実際に於て、その現象は、陰イオンの空格子点が陽イオンの空格子点よりも多い禁止帯の幅の大きい半導体にP導電型を与えないことが観察されている。この種の材料に於けるフェルミ準位が価電子帯の近くに位置して、ドナー・イオン化エネルギー・レベルであるより高いレベルから相当に離れている場合には、陰イオンの空格子点が生じ、それがそのドナー状態にイオン化され、そして生じた電子がフェルミ準位に落ちることによつてその材料のエネルギー全体が低下され得る。その結果、フェルミ準位が価電子帯から上昇してP導電型でなくなってしまう。本発明はこれらの材料に於てP導電型を有している構造体を達成する。

第1図に於て、或る従来の半導体材料の領域2及び領域2とPN接合4を形成している自己補償されている化合物半導体材料の領域3を有するヘ

(4)

言い換えれば、本発明に於ては結晶の原子が導電型を生じるために再配列され、通常のイオン注入に於ては導電型を制御するために注入された原子が用いられる。本発明に従つて形成された構造体は領域2に於て略3.3 eVの禁止帯の幅及び領域3に於て略6.2 eVの禁止帯の幅を有する。

本発明によるヘテロ接合半導体装置は、Applied Physics Letters、第15巻、第10号、1969年11月15日に於てH. Maruska及びJ. Tietjenにより記載されている技術を用いて、以下に示す如く、始めに窒化ガリウムの領域2を設けることによつて製造され得る。

金属ガリウムを塩化物で運び、そしてこれらの生成物をアンモニアと反応させて単結晶のサファイア(Al₂O₃)の基板の表面上にGaNを形成するために、直線状の管の中に関連する気相材料が流される。領域3がAlNから成るので、111結晶方向を有する基板を用いることが好ましい。このサファイアの基板は成長装置中に導入される前に機械的に鏡面研磨を施され、そして水素中に於

(6)

て1200℃で熱処理されている。典型的な基板の晶法は面積が約 2 cm^2 そして厚さが約 0.25 mm である。成長工程に於て、熱処理された基板が直ちに成長チャンバの付着領域中に挿入され、水素中に於て約20℃/分の速度で加熱される。最終的な成長温度に達したときNH₃の流れが供給され始め、そしてNH₃の濃度が安定した状態の値に達する様に15分間が経過した後、Gaが運ばれそしてGaNが付着される様にHClの流れが供給され始める。

純粋なHCl及びNH₃の流速は各々約 5 cm^3 /分及び 400 cm^3 /分であり、そして更に2.5 L/分の水素がキャリア・ガスとして用いられる。

領域2の導電型はN型である。又、N型以外のGaNは容易には形成されない。

次に、自己補償されている半導体材料の領域3が付着される。窒化アルミニウム(A₂N₃)が用いられる場合には、領域3は、Applied Physics Letters、第28巻、第7号、1976年4月に於てR. F. Rutzにより記載されている技術によ

(7)

イオン化されたベリリウム(Be⁺)による衝撃とを組合わせて用いることにより、P導電型に変換される。変換される深さによつてPN接合の位置が設定される。この様にして形成されたヘテロ接合半導体装置は、電気的信号が電極5及び6に印加されるとき非対称型の導電装置又は電気-光変換及び検出装置として、そして光が吸収されるとき光検出装置として有用である。

第2図は二重のヘテロ接合半導体装置10を示しており、この場合には領域11及び12が自己補償されている化合物半導体材料から成りそして異なる導電型の半導体材料から成る領域15と各々PN接合13及び14を形成している。装置として用いられるために電極16及び17が設けられている。N型及びP型の導電型は単に説明を容易にするために示されたものであり、本発明によればN型及びP型の両方の自己補償されている化合物半導体材料の領域がヘテロ接合構造体に於て製造され得るので、導電型が材料の条件によつて限定されることはない。

(9)

つて、以下に示す如く、上記領域2上に形成される。

厚さ $1\text{ }\mu\text{m}$ のA₂N₃層が反応性高周波スパッタリングにより1000℃に於て領域2上に成長される。このA₂N₃層は、約1850℃に加熱されているタングステンのるつぼの中で15%のH₂と85%のN₂とから成るフォーミング・ガス雰囲気中に於て多結晶の焼結されたA₂N₃の源のウェハ上に上記のA₂N₃層で被覆されているGaNの領域2をそのA₂N₃層の面が下になる様に配向することによつて行なわれる成長工程のための核発生用の種として働く。垂直な温度勾配が焼結されたA₂N₃の源から単結晶エピタキシャル層を形成している基板へのA₂N₃の転移を促進させる。

A₂N₃の領域3は、A₂N₃材料の性質である自己補償現象のために、N導電型である。この領域3は、前述の本出願人による他の出願に於て記載されている如く、陽子(H⁺)を用いて衝撃することにより、又は、所望の抵抗率に応じて、ベリリウム(Be)の如きアクセプタ不純物の導入と

(8)

第2図に示されている構造体は電極16及び17を様て信号を印加することによつて高周波動作トランジスタ、光学変調器、発光装置又は注入レーザとして用いられ得る。

領域11及び12にA₂N₃を用いそして領域15にGaNを用いている第2図のヘテロ接合半導体装置は、前述のRutzによる記載の如く、反応性高周波スパッタリングにより1000℃に於てタングステン(W)又は窒化アルミニウム(A₂N₃O₂)から成る111結晶方向を有する基板上に厚さ $1\text{ }\mu\text{m}$ のA₂N₃層を成長させることを用いてA₂N₃の領域11を成長させることによつて製造され得る。このA₂N₃層は、約1850℃に加熱されているタングステンのるつぼの中で15%のH₂と85%のN₂とから成るフォーミング・ガス雰囲気中に於て多結晶の焼結されたA₂N₃の源のウェハ上に上記のA₂N₃層で被覆されている基板をそのA₂N₃層の面が下になる様に配向することによつて行なわれる成長工程のための核発生用の種として働く。垂直な温度勾配が焼結されたA₂N₃

(10)

Nの源からエピタキシャル層に於ける基板へのAlNの転移を促進させる。

次に、前述のMaruska等による記載の如く、窒化ガリウム(GaN)の領域15が領域11上に形成される。金属ガリウムが塩化物で運ばれそしてこれらの生成物がアンモニアと反応されて、基板として働く領域11上にGaNが付着される。形成されたGaN材料はN導電型である。純粋なHCl及びNH₃の流速は各々約5 cm³/分及び400 cm³/分であり、そして更に2.5 l/分の水素がキャリア・ガスとして用いられる。これらの流速、825℃に於ける基板温度、900℃に於けるGaN領域、及び925℃に於ける中央領域(GaN領域と付着領域との間の領域)を用いた場合には、安定した条件の下で約0.5 μm/分の成長速度が達成される。領域15の典型的な厚さは50 μm乃至150 μmの範囲である。この成長工程に於て、成長装置中にドパントをその水素化合物として又はその元素を水素キャリア・ガス中に直接気化させることにより導入することによつて、

(11)

キャリアのポピュレーション・インバージョンの生じるキャビティが所望の周波数の光を生じそして外側の領域よりも低い禁止帯の幅を有していることが望ましい。効率の点からは、キャビティは低電流に於て高いキャリア濃度を与える様に充分小さくそして外側の領域よりも高い屈折率を有していることが望ましい。本発明によれば、この二重のヘテロ接合半導体装置を用いた注入レーザは1つのPN接合を有していればよい。

第3図に示されている注入レーザは導電性基板21上に装着されている二重ヘテロ接合半導体装置20から成る。半導体装置20は例えば自己補償されている化合物半導体材料から成る或る導電型、例えばN型の、領域22を含む。半導体装置20は又選択された禁止帯の幅及び屈折率を有する半導体材料から成る領域23を含む。この領域23の導電型は領域22と同一、例えばN型、でよいので、材料の選択に於ける融通性が相当に大きい。半導体装置20は更にP導電型の自己補償されている化合物半導体材料から成りそして領域

(13)

ドーピングが達成される。

次に、前述の領域11のために用いられた技術を用いて領域12が成長される。

領域11及び12は両者とも通常N型であるので、P型に変換するために基板が取り外される。P型への変換は、前述の本出願人による他の出願に於て記載されている如く、荷電粒子による照射により又はアクセプタの注入と衝撃とを組合わせて用いることにより行なわれる。

次に、第3図を参照して、注入レーザ装置に用いられている二重のヘテロ接合半導体装置について説明する。この種の装置に於ては、キャリア密度を高く維持し且つ陽子を閉じ込める様に設計されている領域に於て電気的エネルギーが光のエネルギーに変換される。本発明によれば、自己補償されている化合物半導体材料の種類が両方の導電型で用いられ得るという融通性によつて、従来よりも広い禁止帯の幅を有する多くの材料から成りそして従来よりも良好に適合されている屈折率を有する構造体が達成され得る。この種の装置に於ては、

(12)

23とPN接合25を形成している外側の層24を含む。電気的信号のために、電極26及び27が各々導電性基板21及び領域24に設けられている。而28及び29を相互に平行にすることによりフアブリー・ペロー干渉計が形成される。

領域22及び24に於ける禁止帯の幅は領域23の場合よりも大きくそして領域22及び24に於ける屈折率は領域23の場合よりも小さいことが望ましいので、例えば領域23に於ける半導体材料のGaN又はGa_{1-x}Al_xNとともに、自己補償されている化合物半導体材料のAlNが例えば領域22及び24に於て用いられ得る。

この装置は0.1 μm乃至5 μmの範囲の寸法を有する領域22及び24を有していることが好ましい。領域23即ちキャビティは500 Å乃至5000 Åの範囲の厚さを有すべきである。導電性基板21はアルミニウム(Al)であるべきであり、電極27は大きな仕事関数を有しそしてベリリウム(Be)又は金(Au)であるべきである。フアブリー・ペロー面28及び29は標準的なヘ

(14)

き開又は研磨技術によつて平行にされ得る。

領域22は前述のRuleにより記載されている技術に従つて以下に示す如く形成される。

始めに、反応性高周波数スパッタリングにより1000℃に於て111結晶方向を有する単結晶のタングステン(W)又はサファイア(Al_2O_3)上に厚さが1 μm の窒化アルミニウム(AlN)のエピタキシャル層が付着される。この AlN 層は、約1850℃に加熱されているタングステンのるつ径の中で15%の H_2 と85%の N_2 とから成るフォーミング・ガス雰囲気中に於て上記 AlN 層が焼結された AlN の源のウエハに接触する様に配置されて行なわれる後の成長工程のための核発生用の種として働く。垂直の温度勾配が AlN の転移を促進しそして1 μm 乃至5 μm の範囲の厚さが得られる迄続けられる。この様にして形成された、基板として働く領域22に於ける AlN 材料は、空格子点を自己補償するため、N型である。

領域23は、前述のMaruska等により記載さ

(15)

乃至5 μm の範囲の厚さに成長される。それから、領域24がP導電型に変換される。領域24上にベリリウム(Be)の被膜が形成されそしてベリリウムを導入するため標準的なイオン注入技術に於けるベリリウム・イオンの源が用いられる。ベリリウム(Be^+)による衝撃は140キロワットで行なわれる。ベリリウム(Be)の被膜は後に電極27の一部として働き得る。上記の窒化アルミニウム(Al_2O_3)又はタングステン(W)はアルミニウムの電極26と置換えられる。P導電型への変換が行なわれた後は、高温処理工程が最小限に留められる様に製造が行なわれることに留意されたい。

4. 図面の簡単な説明

第1図は1つの領域が自己補償されている化合物半導体材料から成る2つの領域を有するヘテロ接合半導体装置を示す図であり、第2図は自己補償されている化合物半導体材料を用いている二重のヘテロ接合半導体装置を示す図であり、そして第3図は自己補償されている化合物半導体材料を

(17)

れている技術に従つて、以下に示す如く、例えば窒化ガリウム(GaN)を用いて形成される。

金属ガリウムが塩化物で選ばれそしてこれらの生成物がアンモニア(NH_3)と付着位置に於て反応されて、基板として働く領域22上に窒化ガリウム(GaN)が形成される。 HCl 及び NH_3 の流速は各々約5 cm^3 /分及び400 cm^3 /分であり、そして更に2.5 l /分の水素がキャリア・ガスとして用いられる。ガリウム領域の温度は900℃であり、基板として働く領域22の温度は825℃であり、そしてガリウムの源と基板との間の領域の温度は925℃である。これらの条件の下に、約0.5 μm /分の成長速度が達成されそして500 \AA 乃至5000 \AA の厚さになる迄成長が続けられる。この様にして形成された領域23に於ける GaN 材料の導電型はN型である。

次に、領域22及び23を基板として領域22のための技術を用いて領域24が形成される。この工程に於て、後のP型不純物の源としてベリリウム(Be)が含まれ得る。領域24は0.1 μm

(16)

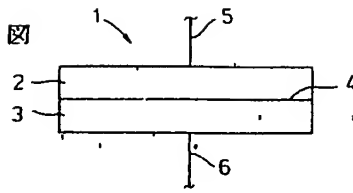
用いている二重のヘテロ接合半導体装置を用いた注入レーザを示す概略図である。

1...ヘテロ接合半導体装置、2、15、23...従来の半導体材料の領域、3、11、12、22、24...自己補償されている化合物半導体材料の領域、4、13、14、25...PN接合、5、6、16、17、26、27...電極、10、20...二重のヘテロ接合半導体装置、21...導電性基板、28、29...フアブリー・ペロー面。

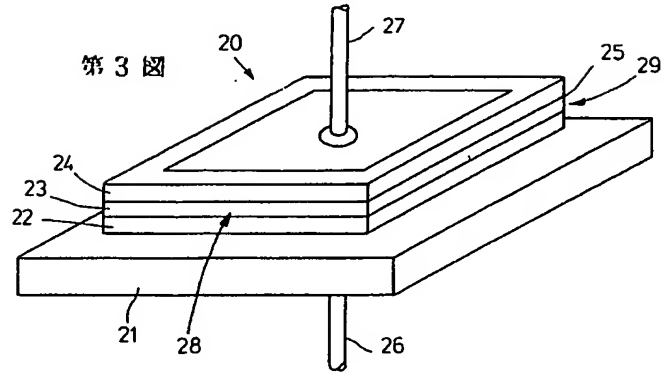
出願人 インターナショナル・ビジネス・マシーンス・コーポレーション
復代理人 井理士 徳 田 信 幸

(18)

第1図



第3図



第2図

